

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-257262

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl. H01L 21/768  
H01L 21/302  
H01L 21/316

(21)Application number : 2000-068607

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 08.03.2000

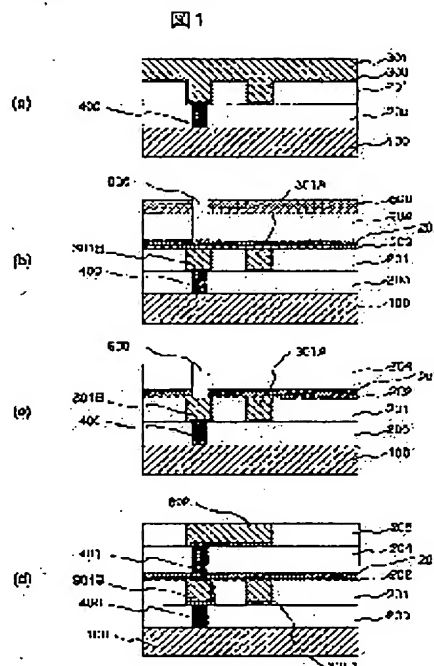
(72)Inventor : TAKEDA KENICHI  
KODAMA DAISUKE  
YOSHIDA TAKEHIKO  
HINODE KENJI  
MINE TOSHIYUKI

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that it was difficult to form high-reliability and low-region copper wirings with suppressing the parasitic capacitance low between the adjacent copper wirings.

**SOLUTION:** On top faces of copper wirings are provided diffusion barriers made of a material selected among silicon nitride, silicon carbide, aluminum nitride, aluminum carbide and titanium carbide, an etch stopper film and an insulation film are provided on the diffusion barriers, and the etching selectivity of the etch stopper film to the insulation film is set to 10 or more, thereby attaining the purpose.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-257262  
(P2001-257262A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/768		H 0 1 L 21/316	M 5 F 0 0 4
21/302		21/90	A 5 F 0 3 3
21/316		21/302	Z 5 F 0 5 8
		21/90	M -

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-68607 (P2000-68607)

(22) 出願日 平成12年3月8日 (2000.3.8)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 武田 健一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 児玉 大介

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

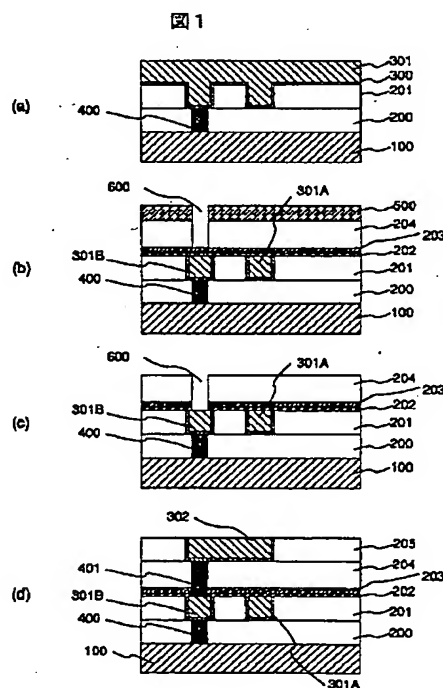
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 隣接する銅配線間の寄生容量を低く抑えたまま、高信頼度かつ低抵抗な銅配線を形成することが困難であった。

【解決手段】 銅配線の上面にシリコン窒化物、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物から選ばれる拡散バリアを設け、この拡散バリア上にエッチストップ膜と絶縁膜を設け、この絶縁膜に対するエッチストップ膜のエッチ選択比を10以上とすることにより達成される。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】半導体素子が形成された基体と、上記基体上に形成された開口部を有する第 1 の絶縁膜と、上記第 1 の絶縁膜に設けられた上記開口部を充填するように形成された銅を主たる成分とする導電体と、上記第 1 の絶縁膜と上記導電体とを被覆するように形成された拡散バリア膜と、上記拡散バリア膜を被覆するように形成されたエッチストップ膜と、上記エッチストップ膜を被覆するように形成された第 2 の絶縁膜を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】上記エッチストップ膜のエッチング速度が、上記第 2 の絶縁膜のエッチング速度の  $1/10$  以下であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 3】上記拡散バリア膜は、シリコン窒化物、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 1 および請求項 2 記載の半導体装置。

【請求項 4】上記第 2 の絶縁膜はシリコン酸化物を主たる成分とし、上記エッチストップ膜は、アルミニウム酸化物、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 5】上記第 2 の絶縁膜は有機低誘電率絶縁膜であり、上記エッチストップ膜は、シリコン酸化物、アルミニウム酸化物、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 6】上記低誘電率絶縁膜は、フッ化ポリイミド、ポリテトラフルオロエチレン、ポリアリルエーテル、ベンゾシクロブテンの中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置。

【請求項 7】半導体素子が形成された基体上に第 1 の絶縁膜を形成し、上記絶縁膜に開口部を形成し、上記開口部を充填するように銅を主たる成分とする導電体を形成し、上記第 1 の絶縁膜と上記導電体とを被覆するように拡散バリア膜とエッチストップ膜と第 2 の絶縁膜を順次形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】上記拡散バリア膜は、シリコン窒化物、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】上記第 2 の絶縁膜はシリコン酸化物を主たる成分とし、上記エッチストップ膜は、アルミニウム酸化物、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とするこ

とを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】上記第 2 の絶縁膜は有機低誘電率絶縁膜であり、上記エッチストップ膜は、シリコン酸化物、アルミニウム酸化物、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物の中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】上記低誘電率絶縁膜は、フッ化ポリイミド、ポリテトラフルオロエチレン、ポリアリルエーテル、ベンゾシクロブテンの中から選ばれる絶縁膜を主たる成分とすることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高信頼性の銅配線を有する半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、LSI（大規模集積回路）の配線材料としてはアルミニウムまたはアルミニウム合金が主流であった。しかしアルミニウムは融点が低く（ $660^{\circ}\text{C}$ ）、耐マイグレーション性に劣るため、LSI の高集積化、高速化に対応困難である。

【0003】これに対して、銅はアルミニウムより融点が高く（ $1083^{\circ}\text{C}$ ）、電気抵抗率も低い（バルク値でアルミニウムの約  $2/3$ ）、次世代 LSI の配線材料として有力である。しかし、銅配線の実現にはいくつかの課題がある。その 1 つは、配線絶縁膜の信頼性の問題である。銅は容易に絶縁膜中に拡散し、絶縁膜の信頼度（絶縁耐圧）を低下させることが知られている。

【0004】この問題を解決するための方法が、例えば特開昭 63-76455 に示されている。この従来技術では、銅配線の周囲に拡散バリアである金属層を設けることで銅の拡散を防止している。しかし、この方法では銅配線の上面に拡散バリア層となる金属膜を全面に形成した後、隣接する配線間の短絡を防ぐために、不要部分の金属膜を取り除く工程が必要となる。また、隣接する銅配線の間隔がたとえば  $0.25\mu\text{m}$  以下になると、配線間の不要な金属膜を精度よく取り除くことが困難になるという問題点も抱えている。

【0005】上記の問題点を解決する技術が、「プロシーディングス・オブ・1993 年ブイエスアイ・マルチレベル・インターコネクション・コンファレンス（1993 年）第 15 頁（Proceedings of VLSI Multilevel Interconnection Conference, 1993, p.15）」に記されている。この方法では、絶縁膜に埋め込まれた銅配線の上面を、絶縁性のバリア膜である窒化シリコン膜で覆う方法が示されている。窒化シリコン膜は絶縁性であるので、隣接銅配線間に形成された窒化シリコン膜を除去する工程は必要ない。また、銅配線の間

隔が狭くなっても配線同士が短絡する恐れもない。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記文献の方法では窒化シリコン膜のドライエッチ速度が、酸化シリコン膜や低誘電率絶縁膜のエッチング速度と大差がないために、銅配線の上面に接続用の開口部を形成する工程において、銅配線が変質または消失したり、配線抵抗が増大したり、電氣的接続が失われる恐れがあった。さらに、銅配線の変質を防ぐために、窒化シリコン膜の膜厚を厚くした場合、隣接する配線間の寄生容量が増大し、電気信号の伝播速度が低下する恐れがあった。

【0007】本発明の目的は、微細かつ高信頼度かつ配線遅延時間の少ない銅配線を具備する半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、銅配線の上面に、シリコン窒化物、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物から選ばれる材料からなる拡散バリアを設け、この拡散バリア上にエッチストップ膜と絶縁膜を設け、この絶縁膜に対するエッチストップ膜のエッチ選択比を10以上とすることにより達成される。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を示しながら本発明の実施例について説明する。なお、各図面は模式的に描いており、説明に不要な箇所は省略している。

【0010】<実施例1>図1は本発明の半導体装置の製造工程を示す断面図である。半導体素子が形成された基体100上に、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第1の絶縁膜200を形成した後、第1の絶縁膜200の所望の領域に開口部を設けた。つぎに、基体100と電氣的接続をとるため、この開口部をCVD法により形成したタングステン・プラグ400で充填した。

【0011】つぎに、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第2の絶縁膜201を形成した後、第2の絶縁膜201の所望の領域に開口部を設け、この開口部を充填するように、スパッタリング法を用いて膜厚50nmの窒化

チタン膜からなる導電性バリア300、スパッタリング法と電解メッキ法を組み合わせることで膜厚600nmの銅膜301を順次形成した(図1(a))。

【0012】このようにして形成した導電性バリア300と銅膜301をCMP(化学的機械研磨)法により所望の領域以外から除去することにより、第1の銅配線301A、301Bを形成した。この上に絶縁性バリア202として反応性スパッタリング法により膜厚10nmの窒化アルミニウム膜を形成し、エッチストップ203として反応性スパッタリング法により膜厚20nmの酸化アルミニウムを形成し、第3の絶縁膜204として膜厚400nmの酸化シリコン膜を順次形成した。

【0013】つぎに、所望の領域に開口部を設けたエッチングレジスト膜500を形成した後、フッ素系ガスを用い、エッチングレジスト500をマスクとして第3の絶縁膜204の所望の領域に開口部600を形成した(図1(b))。

【0014】つぎにエッチングガスとして塩素系ガスを用い、エッチングレジスト500、第3の絶縁膜204をマスクにエッチストップ203、絶縁性バリア202に開口部を設けた(図1(c))。

【0015】つぎに、銅配線301Bと電氣的接続をとるために、CVD法により形成したタングステン・プラグ401で開口部600を充填した。さらに、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第4の絶縁膜205を形成した後、第4の絶縁膜205の所望の領域に開口部を設け、この開口部を充填するように、第2の銅配線302を形成し、半導体装置を構成した(図1(d))。

【0016】ここで、以降において図1(d)に示したようなエッチストップと絶縁性バリアを重ねた構造を有する試料を、積層ストップ試料と呼ぶ。このほかに、絶縁性バリア202をもたない試料や窒化シリコンを用いた試料、エッチストップ203を持たない試料などを作成した。作成した試料の詳細を表1に示した。

#### 【0017】

#### 【表1】

表1

試料	拡散バリア	エッチストップ
積層ストップ	酸化アルミニウム20nm	窒化アルミニウム10nm
窒化シリコン#1	窒化シリコン50nm	なし
窒化シリコン#2	窒化シリコン100nm	なし
酸化アルミニウム	なし	酸化アルミニウム30nm
窒化アルミニウム	窒化アルミニウム30nm	なし
リファレンス	なし	なし

【0018】このようにして形成した銅配線を有する半導体装置における絶縁膜の信頼度を調べた。図2は配線

間に25Vの電圧を与えたときのリーク電流、および実使用条件に外挿した絶縁膜のTDDDB(時間依存性絶縁

破壊) 寿命である。

【0019】図2より、TDD B寿命が10年以上であり、かつ、リーク電流が許容範囲内である試料は、積層ストップ試料、窒化シリコン試料#1、窒化シリコン試料#2であった。

【0020】また、図3にはタングステン・プラグ401を介した第1の銅配線301Bと第2の銅配線302との間の導通歩留まりが示してある。窒化シリコン試料#1とリファレンス試料以外は、接続孔径0.2μmまで90%以上の歩留まりが得られている。

【0021】さらに図4は各試料における隣接配線間容量である。絶縁性バリア、エッチストップの両方とも設けない場合(リファレンス試料)を100としたときの相対値であらわしてある。図4より、窒化シリコン試料#2では配線間容量が10%程度増大するが、その他の試料では配線容量の増加を5%以下に抑えることが可能となる。

【0022】つまり本発明の実施例に従い、銅配線の直上に窒化アルミニウムなどの拡散バリア膜と酸化アルミニウムなどのエッチストップ膜とを形成すれば、配線間の絶縁膜の信頼度が高く、上下層の銅配線の電気的な接続が確実に行き、隣接配線間の寄生容量を低く保つことが可能な銅配線を有する半導体装置を形成することが可能となる。

【0023】本実施例では、拡散バリア膜として窒化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物でも同様の効果が達成できる。

【0024】また本実施例では拡散バリア膜である窒化アルミニウムの膜厚を10nmとしたが、達成すべき信頼度基準に応じて、この拡散バリア膜の膜厚を変化させることも可能である。ただし、拡散バリア膜は一般的にリーク電流が多く、また誘電率も高い場合が多いため、拡散バリア膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0025】また本実施例では、エッチストップ膜として酸化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物でも同様の効果が達成できる。

【0026】また本実施例では、エッチストップ膜である酸化アルミニウムの膜厚を20nmとしたが、エッチング選択性および第3の絶縁膜の膜厚に応じて、エッチストップ膜の膜厚を増減することが可能である。ただし、エッチストップ膜は第3の絶縁膜より誘電率が高い場合が多いため、エッチストップ膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0027】また本実施例では、銅の成膜法としてスパッタ法とメッキ法を組み合わせたが、この方法に限定されるものではなく、CVD法などによっても成膜可能で

ある。また本実施例では、エッチストップ膜203の上に直接第3の絶縁膜204を形成したが、接着性等で問題がある場合にはエッチストップ膜と第3の絶縁膜の間に接着層を設けることも可能である。接着層は、接着力が確保できる範囲内で薄ければ薄い程よいことは言うまでもない。

【0028】<実施例2>図5は本発明の半導体装置の製造工程を示す断面図である。半導体素子が形成された基体100上に、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第1の絶縁膜200を形成した後、第1の絶縁膜200の所望の領域に開口部を設けた。つぎに、基体100と電気的接続をとるために、CVD法により形成したタングステン・プラグ400で、この開口部を充填した。

【0029】つぎに、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第2の絶縁膜201を形成した後、第2の絶縁膜201の所望の領域に開口部を設け、この開口部を充填するように、スパッタリング法を用いて膜厚50nmの窒化チタン膜、スパッタリング法と電解メッキ法を組み合わせることで膜厚600nmの銅膜を順次形成した後、CMP法により所望の領域以外から窒化チタン膜と銅膜を除去することにより第1の銅配線301A、301Bを形成した。この上に絶縁性バリア202として反応性スパッタリング法により膜厚10nmの窒化アルミニウム膜を形成し、エッチストップ203として反応性スパッタリング法により膜厚20nmの酸化アルミニウムを形成し、第3の絶縁膜204として膜厚400nmの酸化シリコン膜を順次形成した。

【0030】つぎに、実施例1に記載した方法と同様の手法により、絶縁性バリア202、エッチストップ203、第3の絶縁膜204の所望の領域に開口部を設けた。さらに、この開口部を充填するように、スパッタリング法を用いて膜厚30nmの窒化チタン膜からなる導電性バリア303、スパッタリング法と電解メッキ法を組み合わせることで膜厚600nmの銅膜304を順次形成した。ここまでの工程を図5(a)に示す。

【0031】つぎに、導電性バリア303と銅膜304をCMP法により所望の領域以外から除去することにより第2の導電性プラグ304Aを形成した。この第2の導電性プラグ304Aと第3の絶縁膜204を被覆するように膜厚10nmの窒化アルミニウムからなる絶縁性バリア206、膜厚20nmの酸化アルミニウムからなるエッチストップ207、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第4の絶縁膜205を順次形成した(図5(b))。

【0032】さらに実施例1に記載した方法と同様の手法により、絶縁性バリア206、エッチストップ207、第4の絶縁膜205の所望の領域に開口部を設け、この開口部を充填するように、第2の銅配線305を形成した(図5(c))。

【0033】このようにして形成した試料のTDD B寿

命、第1の銅配線と第2の銅配線間の導通歩留まり、隣接配線間容量をそれぞれ測定したところ、実施例1に記載した窒化アルミニウムを絶縁性バリアとし、酸化アルミニウムをエッチストップ膜としたときと同等の性能が得られた。

【0034】つまり本発明の実施例に従い、銅配線や銅を主体とする接続孔の直上に窒化アルミニウムなどの拡散バリア膜と酸化アルミニウムなどのエッチストップ膜とを形成すれば、配線間の絶縁膜の信頼度が高く、上下層の銅配線の電気的な接続が確実に行え、隣接配線間の寄生容量を低く保つことが可能な銅配線を有する半導体装置を形成することが可能となる。

【0035】本実施例では、拡散バリア膜として窒化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物でも同様の効果が達成できる。

【0036】また本実施例では拡散バリア膜である窒化アルミニウムの膜厚を10nmとしたが、達成すべき信頼度基準に応じて、この拡散バリア膜の膜厚を変化させることも可能である。ただし、拡散バリア膜は一般的にリーク電流が多く、また誘電率も高い場合が多いため、拡散バリア膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0037】また本実施例では、エッチストップ膜として酸化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物でも同様の効果が達成できる。

【0038】また本実施例では、エッチストップ膜である酸化アルミニウムの膜厚を20nmとしたが、エッチング選択性および第3および第4の絶縁膜の膜厚に応じて、エッチストップ膜の膜厚を増減することが可能である。ただし、エッチストップ膜は第3および第4の絶縁膜より誘電率が高い場合が多いため、エッチストップ膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0039】また本実施例では、銅の成膜法としてスパッタ法とメッキ法を組み合わせたが、この方法に限定されるものではなく、CVD法などによっても成膜可能である。

【0040】また本実施例では、エッチストップ膜203の上に直接第3の絶縁膜204を形成したが、接着性等で問題がある場合にはエッチストップ膜と第3の絶縁膜の間に接着層を設けることも可能である。このとき、接着層は接着力が確保できる範囲で薄ければ薄い程よいことは言うまでもない。

【0041】本実施例の方法では、第1の銅配線と第2の銅配線を、銅を主体とする導電体で接続できる。したがって、抵抗率の高いタングステンで接続した実施例1の場合と比較して、接続孔の電気抵抗を低く抑えることが可能となる。

【0042】＜実施例3＞図6は本発明の半導体装置の製造工程を示す断面図である。半導体素子が形成された基体100上に、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第1の絶縁膜200を形成した後、第1の絶縁膜200の所望の領域に開口部を設けた。つぎに、基体100と電氣的接続をとるために、この開口部をCVD法により形成したタングステン・プラグ400で充填した。

【0043】つぎに、膜厚400nmの酸化シリコンからなる第2の絶縁膜201を形成した後、第2の絶縁膜201の所望の領域に開口部を設け、この開口部を充填するように、スパッタリング法を用いて膜厚50nmの窒化チタン膜からなる導電性バリア300、スパッタリング法と電解メッキ法を組み合わせる膜厚600nmの銅膜301を順次形成した。このようにして形成した導電性バリア300と銅膜301をCMP法により所望の領域以外から除去することにより第1の銅配線301A、301Bを形成した。

【0044】この上に絶縁性バリア202として反応性スパッタリング法により膜厚10nmの窒化アルミニウム膜を形成し、エッチストップ203として反応性スパッタリング法により膜厚20nmの酸化アルミニウム膜を形成し、第3の絶縁膜204として膜厚400nmの酸化シリコン膜を順次形成した。つぎに、実施例1に記載した方法と同様の手法により、絶縁性バリア202、エッチストップ203、第3の絶縁膜204の所望の領域に開口部を設けた。

【0045】さらに、この開口部を充填するように、スパッタリング法を用いて膜厚30nmの窒化チタン膜、スパッタリング法と電解メッキ法を組み合わせる膜厚600nmの銅膜を順次形成した後、CMP法により所望の領域以外から窒化チタン膜と銅膜を除去することにより、第2の導電性プラグ304Aを形成した。この導電性プラグ304Aと第3の絶縁膜204を被覆するように膜厚10nmの窒化アルミニウムからなる絶縁性バリア206、膜厚20nmの酸化シリコンからなる第2のエッチストップ208、膜厚400nmのフッ化ポリイミドからなる有機低誘電率絶縁膜209、膜厚50nmの酸化シリコンからなる第1のエッチングマスク210を順次形成した。ここまでの工程を図6(a)に示す。

【0046】つぎに、第1のエッチングマスク210上にエッチングレジスト膜501を形成した後、このエッチングマスク210、エッチングレジスト501の所望の領域に開口部601を形成した(図6(b))。

【0047】さらに第2の導電性プラグ304Aと電氣的接続を取るために、エッチングレジスト膜501をマスクとして、酸素系ガスを用いて有機低誘電率絶縁膜209の所望の領域に開口部を設けた。つぎに、この開口部を充填するように第2の銅配線305を形成した(図6(c))。

【0048】このようにして形成した試料のTDDDB寿

命、第1の銅配線と第2の銅配線間の導通歩留まり、隣接配線間容量をそれぞれ測定したところ、実施例1に記載した窒化アルミニウムを絶縁性バリアとし、酸化アルミニウムをエッチストップ膜としたときと同等の性能が得られた。

【0049】つまり本発明の実施例に従い、銅配線や銅を主体とする接続孔の直上に窒化アルミニウムなどの拡散バリア膜と酸化シリコンなどのエッチストップ膜とを形成すれば、配線間の絶縁膜の信頼度が高く、上下層の銅配線の電気的な接続が確実に、隣接配線間の寄生容量を低く保つことが可能な銅配線を有する半導体装置を形成することが可能となる。

【0050】本実施例では、有機低誘電率絶縁膜を第2の銅配線と同一層の絶縁膜として用いているが、有機低誘電率絶縁膜が適用される層はこの層に限定されるものではなく、任意の層、任意の層数分適用可能である。また、本実施例では、有機低誘電率絶縁膜としてフッ化ポリイミドを用いているが、特にこの材料に限定されるものではなく、ポリテトラフルオロエチレン、ポリアリルエーテル、ベンゾシクロブテンでも同様の効果が達成できる。

【0051】また本実施例では、拡散バリア膜として窒化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物でも同様の効果が達成できる。

【0052】また本実施例では拡散バリア膜である窒化アルミニウムの膜厚を10nmとしたが、達成すべき信頼度基準に応じて、この拡散バリア膜の膜厚を変化させることも可能である。ただし、拡散バリア膜は一般的にリーク電流が多く、また誘電率も高い場合が多いため、拡散バリア膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0053】また本実施例では、エッチストップ膜として酸化シリコンを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、アルミニウム酸化物、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物でも同様の効果が達成できる。

【0054】また本実施例では、エッチストップ膜である酸化シリコンの膜厚を20nmとしたが、エッチング選択性および有機低誘電率絶縁膜の膜厚に応じて、エッチストップ膜の膜厚を増減することが可能である。ただし、エッチストップ膜は有機低誘電率絶縁膜より誘電率が高い場合が多いため、エッチストップ膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0055】また本実施例では、銅の成膜法としてスパッタ法とメッキ法を組み合わせたが、この方法に限定されるものではなく、CVD法などによっても成膜可能である。

【0056】また本実施例では、第2のエッチストップ

膜208の上に直接有機低誘電率絶縁膜209を形成したが、接着性等で問題がある場合にはエッチストップ膜と有機低誘電率絶縁膜の間に接着層を設けることも可能である。接着層は、接着力が確保できる範囲内で薄ければ薄い程よいことは言うまでもない。

【0057】本実施例の方法では、銅配線の周囲を誘電率の低い絶縁膜で被覆することが可能となる。したがって、比較的誘電率の高い絶縁膜で銅配線を被覆した実施例2の場合と比較して、配線間容量をさらに下げることが可能となる。

【0058】＜実施例4＞図7は本発明の半導体装置の製造工程を示す断面図である。実施例1に記載の方法に従い、銅配線301A、301Bを有する半導体装置を形成した。つぎに、この上に絶縁性バリア202として膜厚10nmの窒化アルミニウム膜を形成し、エッチストップ203として膜厚20nmの酸化アルミニウム膜を形成し、第3の絶縁膜204として膜厚400nmの酸化シリコン膜、エッチストップ207として膜厚20nmの酸化アルミニウムを順次形成した後、通常のフォトリソグラフィ工程を用いてエッチストップ207の所望の領域に開口部を設けた（図7(a)）。

【0059】つぎに、エッチストップ207上に第4の絶縁膜205を形成した後、通常のフォトリソグラフィ工程を用いて、第4の絶縁膜205上の所望の領域に開口部を有するエッチングレジストを形成した。つぎに、フッ素系ガスを用いたドライエッチング法により、上記エッチングレジストをエッチングマスクとし、エッチストップ207をストップとして、第4の絶縁膜205の所望の領域に開口部602を形成した。この際、エッチストップ207に開口部が設けてある領域では、エッチストップ203をストップとして用いることにより、第3の絶縁膜204にも開口部を形成した（図7(b)）。

【0060】つぎに、エッチングガスとして塩素系ガスを用い、第4の絶縁膜205、第3の絶縁膜204をマスクにエッチストップ208、エッチストップ203、絶縁性バリア202に開口部を設けた。つぎに、銅配線301Bと電気的接続が取れるように第2の銅配線306で開口部602を充填した（図7(c)）。

【0061】このようにして形成した試料のTDDDB寿命、第1の銅配線と第2の銅配線間の導通歩留まり、隣接配線間容量をそれぞれ測定したところ、実施例1に記載した窒化アルミニウムを絶縁性バリアとし、酸化アルミニウムをエッチストップ膜としたときと同等の性能が得られた。

【0062】つまり本発明の実施例に従い、銅配線の直上に窒化アルミニウムなどの拡散バリア膜と酸化アルミニウムなどのエッチストップ膜とを形成すれば、配線間の絶縁膜の信頼度が高く、上下層の銅配線の電気的な接続が確実に、隣接配線間の寄生容量を低く保つこと



が可能な銅配線を有する半導体装置を形成することが可能となる。

【0063】本実施例では、拡散バリア膜として窒化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、シリコン炭化物、アルミニウム窒化物、アルミニウム炭化物、チタン炭化物でも同様の効果が達成できる。

【0064】また本実施例では拡散バリア膜である窒化アルミニウムの膜厚を10nmとしたが、達成すべき信頼度基準に応じて、この拡散バリア膜の膜厚を変化させることも可能である。ただし、拡散バリア膜は一般的にリーク電流が多く、また誘電率も高い場合が多いため、拡散バリア膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0065】また本実施例では、エッチストップ膜として酸化アルミニウムを用いたが、特にこの材料に限定されるわけではなく、チタン酸化物、ジルコニウム酸化物、マグネシウム酸化物でも同様の効果が達成できる。

【0066】また本実施例では、エッチストップ膜である酸化アルミニウムの膜厚を20nmとしたが、エッチング選択性および第3および第4の絶縁膜の膜厚に応じて、エッチストップ膜の膜厚を増減することが可能である。ただし、エッチストップ膜は第3および第4の絶縁膜より誘電率が高い場合が多いため、エッチストップ膜を厚くしすぎると配線の性能が低下するおそれがある。

【0067】また本実施例では、銅の成膜法としてスパッタ法とメッキ法を組み合わせたが、この方法に限定されるものではなく、CVD法などによっても成膜可能である。

【0068】また本実施例では、エッチストップ膜203の上に直接第3の絶縁膜204を、また第2のエッチストップ膜208の上に直接第4の絶縁膜205を形成したが、接着性等で問題がある場合にはこの間に接着層を設けることも可能である。接着層は、接着力が確保できる範囲内で薄ければ薄い程よいことは言うまでもない。

【0069】本実施例の方法では、第1の銅配線と電気

的に接続するための接続孔と、第2の銅配線とを一括して形成することが可能であるので、接続孔と第2の銅配線を別個に作成した実施例1の場合と比較して、製造工程を短縮することが可能となる。

#### 【0070】

【発明の効果】本発明によれば、微細かつ高信頼度かつ配線遅延時間の少ない銅配線を有する半導体装置を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における半導体素子の製造工程を示す要部断面図。

【図2】隣接する銅配線間のリーク電流とTDD寿命を表す測定図。

【図3】第1の銅配線と第2の銅配線の導通歩留まりを表す特性図。

【図4】隣接する銅配線間の寄生容量を表す測定図。

【図5】本発明の実施例2における半導体素子の製造工程を示す要部断面図。

【図6】実施例3における本発明の半導体素子の製造工程を示す要部断面図。

【図7】実施例4における本発明の半導体素子の製造工程を示す要部断面図。

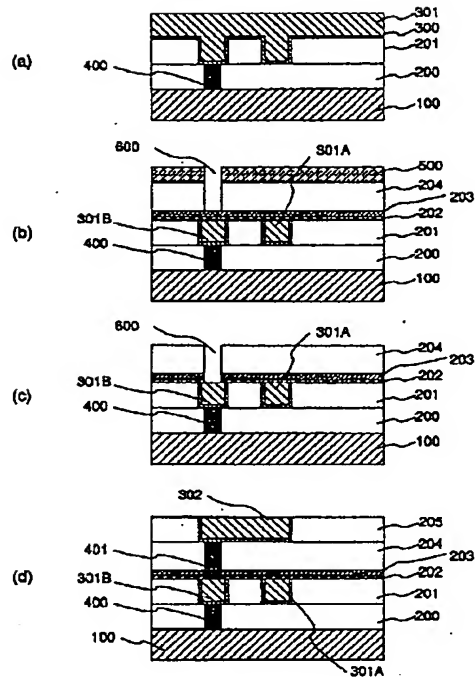
#### 【符号の説明】

100…半導体素子の形成された基体、200…第1の絶縁膜、201…第2の絶縁膜、202…絶縁性バリア、203…エッチストップ、204…第3の絶縁膜、205…第4の絶縁膜、206…絶縁性バリア、207…エッチストップ、208…第2のエッチストップ、209…有機低誘電率絶縁膜、210…第1のエッチングマスク、300…導電性バリア、301…銅膜、301A、301B…第1の銅配線、302…第2の銅配線、303…導電性バリア、304…銅膜、304A…第2の導電性プラグ、305…第2の銅配線、306…第2の銅配線、400…タングステン・プラグ、401…タングステン・プラグ、500…エッチングレジスト、501…エッチングレジスト、600…開口部、601…開口部、602…開口部。



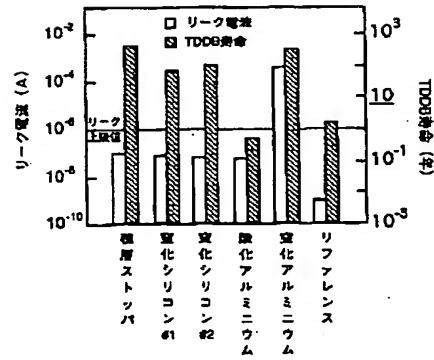
【図1】

図1



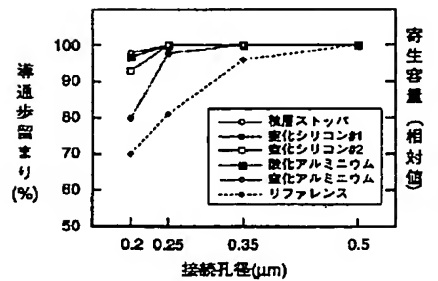
【図2】

図2



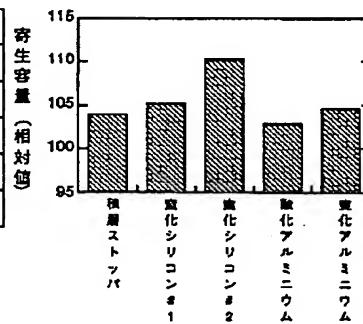
【図3】

図3



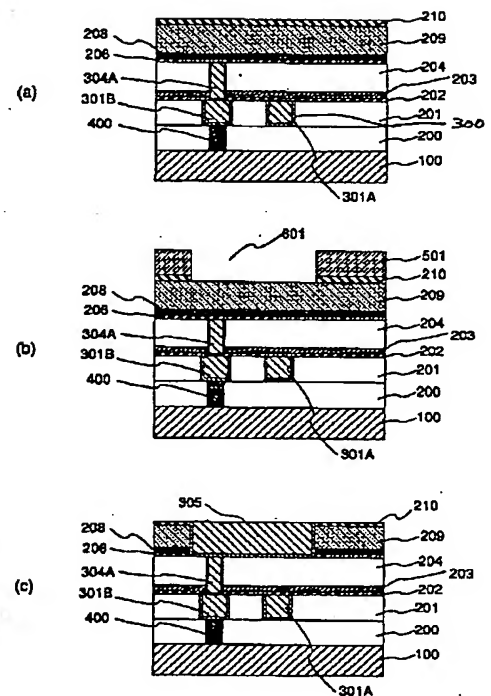
【図4】

図4



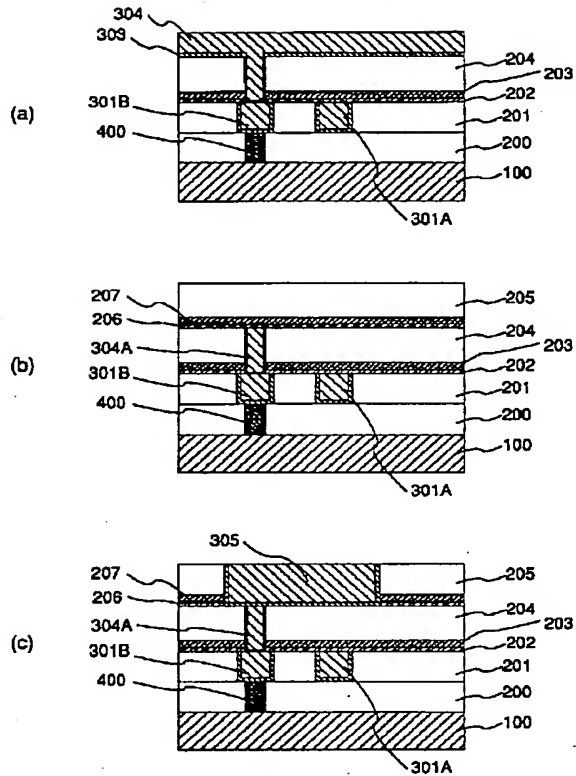
【図6】

図6



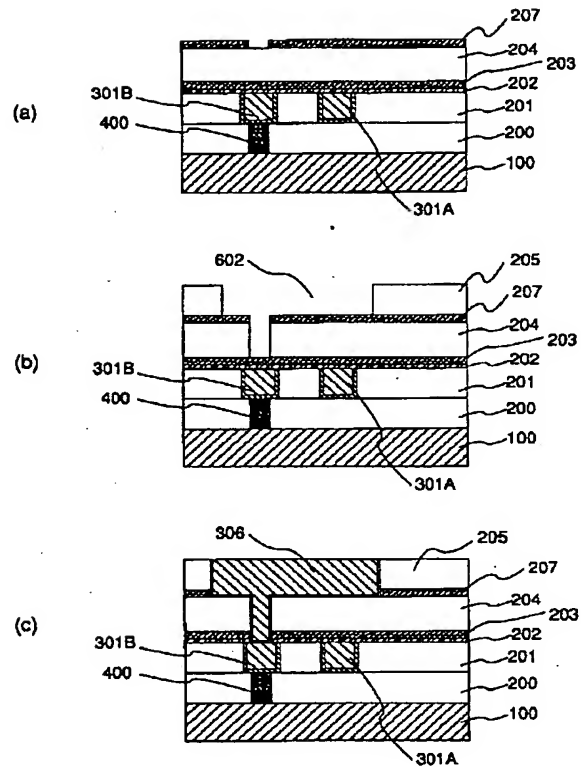
【図 5】

図 5



【図 7】

図 7



フロントページの続き

- (72)発明者 吉田 武彦  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 日野出 憲治  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- (72)発明者 峰 利之  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5F004 DA00 DA01 DA02 DA03 DA04  
DA05 DA11 DA12 DA13 DA14  
EA23 EB03

5F033 HH11 HH33 JJ01 JJ11 JJ19  
JJ33 KK01 KK11 KK33 MM01  
MM02 MM12 MM13 MM15 PP06  
PP15 PP27 PP33 QQ09 QQ10  
QQ25 QQ35 QQ37 QQ48 RR01  
RR03 RR04 RR05 RR21 RR22  
RR24 SS09 TT02 TT04 XX09  
XX25

5F058 AD02 AD04 AD06 BC02 BC03  
BC08 BC09 BC20 BD02 BD04  
BD05 BD10 BD12 BD18 BJ02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**